E/CONF.39/D/38
1 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : D.13

France

PERFECTIONNEMENT ET DEVELOPPEMENT D'UN MATERIAU DE CONSTRUCTION TRADITIONNEL : "LE GYPSE AU SAHARA"

Par E. CARBONNEL

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

PERFECTIONNEMENT ET DEVELOPPEMENT

D'UN MATERIAU DE CONSTRUCTION TRADITIONNEL :

"LE GYPSE AU SAHARA"
(Condensé)

Par E.CARBONNEL

INTRODUCTION. L'observation critique des constructions réalisées dans le passé et le présent par les diverses populations sahariennes met en évidence la place prépondérante occupée par le plâtre, liant obtenu par cuisson du gypse. Ce matériau étant extrêmement répandu au Sahara, l'Organisation Commune des Régions Sahariennes se devait de contribuer fortement au perfectionnement et au développement de son utilisation dans la construction traditionnelle.

Les quelques pages qui suivent constituent un "condensé" d'un mémoire original, qui présente, outre la matière première, les diverses études et essais réalisés sous l'impulsion de l'O.C.R.S. Nous renvoyons à ce mémoire le lecteur intéressé particulièrement par la question.

I. GENERALITES A - LE GYPSE. D'après le géologue OCHSENIUS, le gypse résulterait de l'hydratation de l'anhydrite SO.4 CA sous l'action de l'humidité de l'air au cours de l'ère secondaire. A l'état pur, il se compose donc approximativement de 4/5è de sulfate de chaux anhydre et 1/5è d'eau.

B - LE PLATRE. On sait qu'il est obtenu par simple déshydratation du gypse : en atmosphère de cuisson humide, on obtient successivement entre 100° C et 1.200° C, les différentes variétés utilisées, allant du semi-hydrate ordinaire aux anhydrites III, II et I.

La prise du plâtre consiste en une réhydratation produisant un enchevêtrement de cristaux de gypse durcissant très rapidement. Plus la proportion d'eau de gâchage a été élevée, plus la masse est poreuse et sa résistance faible. Après une légère contraction du volume, un gonflement assez important se développe (environ 1 %), enfin une légère contraction se poursuit pendant plusieurs jours.

La fabrication d'une tonne de plâtre demande trois fois moins de calories que celle d'une tonne de chaux ou de ciment (500.000 C contre respectivement 1.400.000 et 1.600.000 C.) - C'est donc un liant très estimé dans tout pays aride et sous-développé, pourvu en gypse. En outre, ses qualités d'isolations thermique et phonique en font un matériau très apprécié.

Les possibilités d'emploi du plâtre peuvent être largement augmentées par l'incorporation de divers adjuvants : (retardateurs, accélérateurs, fluidifiants, épaississeurs, durcisseurs, imperméabilisants, entraîneurs d'air, charges).

II. LE GYPSE AU SAHARA.

A - LES GISEMENTS. Les principaux gisements se localisent au Nord du Sahara. On y trouve le "gypse diluvien" (pliocène) en bordure Sud de l'Atlas Saharien, sous forme d'encroûtements. Les environs de Ghardaïa recèlent d'importants gisements de gypse crétacé. Toute la zone des riches palmeraies du Souf constitue une réserve immense de gypse, ce qui a donné un caractère particulier aux constructions des nombreuses agglomérations existantes, dont El Oued et Touggourt sont les plus développées. Plus au Sud, la bordure des plateaux du Tademaït, du Tinrhert, met en évidence l'existence d'étages gypseux dans les couches du secondaire. Egalement Djanet, oasis située en bordure Sud Est du "Tassili N'Ajjer", possède quelques gisements de gypse exploités par les artisans locaux.

B - LES EXPLOITATIONS TRADITIONNELLES. Dans toutes les zones où le gypse abonde, il était logique de constater la présence d'une industrie du plâtre, plus ou moins évoluée en fonction des facteurs locaux (qualités dominantes de la race, poussée démographique, niveau du revenu moyen, influence européenne...). Les techniques utilisées sont toutefois rudimentaires, ne différant souvent que par un "tour de main" particulier pouvant se justifier par la composition légèrement différente du matériau de base, le "Timchent", qui est un gypse hydraté particulier. Il existe en taches isolées au milieu des calcaires ou bien il constitue un amas à forme lenticulaire s'étendant en couches horizontales.

Le timchent, examiné de près, apparaît blanc, quelquefois brun. La pierre possède une structure vacuolaire due à l'érosion des eaux d'infiltration ; les cavités sont remplies de débris calcaires et de sable. Cuite, elle forme un magma pigmenté blanc et rouge qui se pulvérise facilement.

La cuisson s'opère dans des fours enterrés dans le sol. Ceux-ci possèdent à leur base une ouverture pour aérer le foyer. Des fagots de genêts épineux sont placés dans le fond, puis les pierres, épaulées latéralement sur une galerie, sont amoncelées en voûte sur 1,50 m environ de hauteur. Après combustion du bois, en général 24 heures, les pierres s'écroulent en mottes friables dans le culot du four. Il est procédé alors

au tri des produits, les pierres incuites et le charbon étant éliminés. Le timchent cuit est pulvérisé ensuite sur une aire durcie, à l'aide d'un pilon en bois armé de fer à son extrémité.

III. L'ACTION DE L'O.C.R.S.

L'O.C.R.S., de par sa vocation, se devait d'entreprendre une action énergique pour développer au Sahara une industrie utilisant une matière première si répandue dans son sous-sol. Cette action s'est exercée de différentes façons : en favorisant d'abord l'implantation d'une usine moderne de traitement du gypse ; en poussant ensuite les études théoriques des bétons de plâtre ; en réalisant des essais en vraie grandeur permettant de mettre au point certaines techniques de construction et offrant également aux yeux des utilisateurs en puissance des exemples concrets de réalisation ; enfin, en favorisant la formation d'une main d'oeuvre spécialisée dans les techniques du plâtre.

Un premier objectif visant à améliorer les qualités du produit lui-même, le problème s'est posé de rechercher un gypse d'excellente qualité et de lui appliquer un traitement moderne permettant une régularité parfaite et constante des propriétés fondamentales du produit élaboré.

La Société des Plâtrières Nord-Africaines (PLATNA) s'est donc constituée fin 1958, grâce aux participations financières de la Compagnie Française du Sahara, des Ciments Lafarge et d'un groupe de Mozabites. Après la signature d'une convention avec l'O.C.R.S., la construction de l'usine de Noumérat a été entreprise. Depuis fin 1960, l'usine marche à un rythme normal.

Le gisement exploité se situe en bordure d'un plateau (Ras Fouinis) creusé par l'Oued Noumérat. Les conditions d'exploitation sont donc très favorables. Le gisement est constitué par une superposition de 4 couches de gypse très pur, séparées par des marnes gypseuses.

Les produits livrés, qui contiennent exclusivement du plâtre semi-hydrate et du plâtre surcuit à dosages bien déterminés, sont de qualité exceptionnelle, grâce à un traitement réalisé de façon très moderne.

Parallèlement, l'O.C.R.S. a confié à la P.L.A.T.N.A. l'étude et la réalisation de prototypes d'habitations sahariennes dont le principal objet est la mise au point des techniques d'utilisation du plâtre dans la construction au Sahara. Cette Société a été également subventionnée par l'O.C.R.S. pour commencer à former une main d'oeuvre saharienne adaptée à ces techniques.

De même l'O.C.R.S., soucieuse de voir se développer à côté de la construction industrielle, un artisanat local, a passé une convention avec la Société d'Exploitation de Procédés de Préfabrication en Plâtre (S.E.P.P.) pour la mise au point de procédés de préfabrication à base de plâtre du type PLATNA.

Au Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (C.E.B.T.P.) a été confiée la réalisation d'un programme comprenant :

- la mise au point de la fabrication du plâtre de gros-oeuvre par brûlage de matériaux gypseux au moyen de tambours sécheurs utilisés en technique routière ;

- la détermination des caractéristiques physiques, chimiques et mécaniques des produits obtenus ;

- l'étude des conditions de mise en oeuvre des produits obtenus en vue, d'une part, de la fabrication d'éléments préfabriqués du bâtiment et, d'autre part, de la construction de bâtiments banchés ;

- la mise au point, sur bâtiments expérimentaux, des planchers mixtes béton-plâtre, des étanchéités, des peintures ;

- l'étude du comportement des arcs en béton de plâtre de moyenne et grande portée ;

- l'étude des caractéristiques d'habitabilité et de confort des bâtiments expérimentaux.

IV. LES RESULTATS TECHNIQUES.

A - ESSAIS REALISES PAR LE C.E.B.T.P.

La forme condensée de la présente note ne permet de présenter que les principales conclusions qu'il a été possible de tirer des essais. Nous renvoyons donc, pour de plus amples détails, et en particulier pour l'examen des graphiques, au mémoire principal.

1 - Plâtre de Nouméral (Usine) - Pâte pure ou béton de plâtre.

- La densité, les résistances à la compression et à la traction, le module d'élasticité, chutent rapidement lorsque la teneur en eau de gâchage augmente.

- L'incorporation de "retardan P" n'a qu'une influence réduite sur les caractéristiques mécaniques du plâtre sec. A teneur en eau égale, cette incorporation, au dosage de 0,5 % du poids du plâtre, donne des mélanges beaucoup plus maniables. Elle permet donc de réduire pratiquement la teneur en eau de gâchage.

- Il est possible de réaliser des mortiers de plâtre de bonne performance avec du sable de reg. Pour des mortiers à enduire, un dosage de 330 Kg de plâtre au mètre cube de sable peut convenir. Pour des mortiers à hourder, un dosage de 600 Kg est à adopter.

- Pour des bétons, il vaut mieux utiliser comme agrégat du gypse concassé que du grès tendre. Un dosage de 350 Kg de plâtre par mètre cube de béton de gypse permet d'assurer une résistance à la compression de plus de 100 Kg/cm2 à 90 jours. Cette résistance croît linéairement en fonction du dosage en plâtre (180 Kg/cm2 pour 500 Kg). La résistance à la traction tend à plafonner à 19 Kg/cm2 pour un dosage supérieur à 500 Kg. Le gonflement est d'autant plus important et le retrait d'autant plus faible que le dosage est élevé. Pour des dosages inférieurs à 340 Kg de plâtre, le béton a une résistance supérieure lorsqu'il contient du sable. Au-delà de ce dosage il y a intérêt à supprimer le sable dans le béton.

2 - Plâtre local de Ouargla : Timchent.

Le plâtre obtenu par cuisson du Timchent est produit de façon artisanale. Il contient environ 20 % d'éléments supérieurs à 2 mm. et environ 35 % de fines inférieures à 0,1 mm.

Pour une teneur en eau de gâchage moyenne de 40 %, le temps de prise est inférieur à une minute. Avec adjonction de 0,5 % de "Retardan P" ce temps est porté à environ 3 minutes.

Mis en place à une teneur en eau de 30 % (limite pratique d'ouvrabilité correcte) et avec 0,5 % de Retardan P, le timchent offre des résistances à la compression de l'ordre de 80 Kgs/cm2 et à la traction de l'ordre de 30 Kg/cm2.

B - ESSAIS ORIGINAUX DE CUISSON DU GYPSE AU FOUR SECHEUR ROUTIER.

Le premier essai de brûlage d'un gypse pulvérulent a été réalisé entre Touggourt et Ouargla en Mai 1959, sur l'initiative de l'OCRS et du CEBTP. Le poste utilisé était un "Super-Maintenance-Plant" utilisé pour le séchage des matériaux routiers avant enrobage au bitume. Au cours de la campagne 1959-60 plusieurs centaines de tonnes de gypse ont été brûlées à Hassi-Messaoud au moyen d'un poste Utility. Le débit de ce poste a atteint 30 T/h. A partir d'Octobre 1960, les études systématiques des possibilités de brûlage ont été menées à Ouargla avec les gypses de la région, à l'aide d'un poste Neveu routier de caractéristiques plus modestes.

Le brûlage du gypse au moyen du poste conduit à l'obtention non seulement de simi-anhydrite, mais également de plâtre hydraulique (anhydrite soluble) et sulfates anhydres.

Les résistances à la compression et à la traction sont très sensibles à la variation de débit du poste. Sans retardateur de prise, le plâtre produit au sécheur prend trop rapidement. Il suffit d'une très faible quantité "retardan P" pour obtenir un ralentissement considérable du début de prise.

Suivant la règle générale, les résistances à la compression et à la traction sont très sensibles à la quantité d'eau de gâchage.

Le rapport Rc/Rt passe, quelle que soit la teneur en eau de gâchage, par un maximum pour un âge un peu supérieur à 7 jours. Il est à noter que quel que soit l'âge, ce rapport est beaucoup plus petit dans le cas du plâtre que dans le cas de mortiers ou bétons de ciment.

Il est possible d'améliorer le plâtre obtenu au four sécheur par l'addition de produits lui donnant des qualités spéciales. Les bétons obtenus à partir du plâtre de four sécheur peuvent atteindre, au bout de 90 jours, une résitance à la compression supérieure à 100 Kg/cm2.

En résumé, les essais menés prouvent que la production de plâtre au four sécheur est un procédé techniquement valable. Il est bon de remarquer toutefois qu'à égalité de résistance à la compression, le plâtre produit d'une manière artisanale est vendu à moitié prix (24 NF au lieu de 48 NF). La vulgarisation du procédé ne pourra donc intervenir qu'à la faveur d'une demande accrue, dépassant les possibilités de production des artisans locaux.

C. REALISATIONS EXPERIMENTALES.

Divers bâtiments ont été réalisés tant à Nouméra, à proximité de l'usine PLATNA, qu'à Ouargla. Nous renvoyons le lecteur au mémoire principal pour les détails d'exécution. Nous ne citerons ici que les premiers enseignements qu'il a été possible de tirer :

- Il n'est pas conseillé de faire des fondations en béton de plâtre lorsque l'on peut craindre des remontées capillaires dans le sol. Les systèmes de protection des fondations, feuille de polyane, ou enduits au flinkote ne sont pas d'une utilisation pratique.

- Les murs en béton de plâtre banché demandent des coffrages presque aussi résistants que pour le béton de ciment. La prise assez rapide du plâtre impose une organisation poussée et relativement mécanisée du chantier.

- Le retrait du plâtre est un obstacle certain au coulage de pièces longues même lorsqu'elles doivent travailler en compression comme des piliers. De même, le fluage constitue un autre obstacle s'opposant à la confection de linteaux au-dessus des ouvertures.

- Pour les raisons exposées ci-dessus l'utilisation de poutrelles en plâtre armé est également à déconseiller. Par contre, les voutins en plâtre semblent donner de bons résultats.

- La dalle coulée sur hérisson doit nécessairement comporter un revêtement car elle est insuffisamment résistante à l'usure. (revêtement plastique ou carreaux de ciment).

- Il est difficile, pour les appartements soignés, d'éviter l'exécution d'enduits sur les murs intérieurs et cloisons. Toutefois, il serait

probablement possible de mettre au point, pour de grands chantiers, des surfaceuses à meules se déplaçant sur glissières verticales, éliminant les aspérités actuellement inévitables.

Le bas des cloisons et murs intérieurs doit être protégé par des plinthes pour éviter les désordres occasionnés tant par les chocs des instruments de nettoyage, que pour l'imbibition due au lavage.

Les diverses parois contiguës aux points d'eau (évier, douche, W.C...) devront être réalisées de préférence en matériaux insensibles à l'eau (murettes en parpaings de ponce hourdés au mortier de ciment, revêtement de faïences ...).

V. DES PRIX DE REVIENT.

Les études de prix faites permettent quelques constatations :

- Lorsque la distance d'emploi des liants fabriqués en usine est élevée, les qualités du ciment le font préférer au plâtre, car le rapport de leur prix tend vers 1.

- Seul le plâtre fabriqué localement au four sécheur est d'un prix de revient assez bas pour trouver un débouché normal dans la construction traditionnelle.

- Les éléments préfabriqués en béton de plâtre doivent être produits localement soit avec le gypse brûlé, soit lorsque des qualités supérieures sont nécessaires, avec le plâtre amené de Nouméra t.

- Les éléments préfabriqués en pâte pure de plâtre doivent être produits localement avec le gypse brûlé ou, lorsque des qualités supérieures sont nécessaires, être pris directement de l'usine de Nouméra t. Les procédés de fabrication y sont, en effet, d'un rendement supérieur et le prix de vente fait souvent l'objet d'un effort particulier de l'industriel pour écouler ainsi une partie de sa production de liant. D'autre part, le prix de la main d'oeuvre est moins élevé à Nouméra t que dans les centres où celle-ci doit être amenée à grands frais.

Pour ces derniers produits, le ciment devient compétitif dès que la distance du lieu d'emploi à l'usine à plâtre est importante.

CONCLUSION.

Comme nous l'avons déjà souligné, l'utilisation du plâtre dans la construction a connu des fortunes diverses. Certains ont pu prétendre que la désaffection qui fut constatée à diverses époques était due à la perte progressive des "tours de mains" des générations successives de plâtriers. Nous pensons plutôt que ce détachement d'un matériau pourtant digne d'intérêt est dû au développement incessant de l'industrie des liants hydrauliques.

Il ne faut pas nier que le plâtre présente certaines difficultés de mise en oeuvre dues en particulier à la rapidité de sa prise, entraînant de multiples gâchées et des pertes non négligeables. Sa grande sensibilité à l'eau l'écarte de certains emplois où les chaux et ciments ont fait merveille, favorisés par les grandes variétés, mises au point par l'industrie pour satisfaire la corporation des constructeurs.

S'il est une région où pourtant, les qualités du plâtre peuvent retrouver leur pleine valeur, c'est bien le SAHARA. En effet, son pouvoir d'isolation thermique, dans un pays chaud et sec, ne peut qu'être hautement apprécié des utilisateurs. De plus, les gisements de gypse étant nombreux, c'est une véritable industrie nationale qui peut s'y développer

Par contre, les distances à parcourir pour aller d'un lieu de peuplement à un autre sont, plus que partout ailleurs, importantes. De ce fait même, les véritables routes, confortables, sont peu nombreuses et la piste, plus ou moins carrossable, est souvent le seul lien existant entre les zones peuplées.

Ces constatations mettent, tout naturellement, en relief la véritable valeur de procédés semi-industriels de production du plâtre local. L'usine a, en effet, besoin pour vivre d'un débouché relativement important de l'ordre de 20.000 T/an. Cette production ne peut être absorbée dans un faible rayon et le problème des transports se pose immédiatement avec toute son acuité. A l'autre extrémité de l'échelle de la production se trouve l'artisan local, avec ses méthodes ancestrales, très peu productives et donnant en définitive, un matériau de qualité fort variable.

Le procédé semi-industriel, en l'occurence, le four sécheur routier, doit donc se faire une place très importante dans l'éventail des productions. Mais là se pose alors le problème de la mise au point d'un matériel plus adapté à sa mission et aussi celui de la formation professionnelle, pépinière future où pourront naître quelques vocations d'artisans industriels aptes à exploiter un tel matériel.

Ceci nous amène à parler de l'important problème de la formation professionnelle. Il est évident que plus un matériau est difficile à travailler, plus il est nécessaire que le niveau professionnel de la main d'oeuvre soit élevé. La masse des ouvriers employés actuellement sur les chantiers de construction ne connaît les règles d'utilisation du plâtre que, pourrions-nous dire, par hérédité. Cette main d'oeuvre a des "tours de main" qui ne sont plus de mise avec la qualité du plâtre industriel et les divers adjuvants utilisés sur les chantiers modernes. Il est donc indispensable de former cette main d'oeuvre, de la perfectionner en lui faisant découvrir progressivement et logiquement les possibilités d'emplois divers d'un matériau qu'elle croit bien connaître parce que très répandu localement. Cette formation ne peut être possible qu'à la faveur de cours professés dans des centres adaptés ; c'est dans cette perspective que l'O.C.R.S. a dressé un projet de construction d'un centre spécialisé à Nouméat, dont le F.E.D.O.M. doit assurer le financement initial.

Dans le domaine des techniques, un effort d'imagination est encore nécessaire, tant pour diversifier les éléments préfabriqués mis à la disposition des constructeurs, que pour résoudre quelques difficultés d'emploi, le plâtre ne pouvant être le matériau universel susceptible de se substituer aux autres liants dans les utilisations particulières.

Nous pensons que les essais entrepris par le C.E.B.T.P., sous l'impulsion de l'O.C.R.S., ont déjà permis de circonscrire correctement les domaines d'utilisation du plâtre dans la construction. Des recherches complémentaires sont toutefois encore indispensables de la part des techniciens et des industriels, ne serait-ce que pour améliorer la tenue de ce matériau à l'imbibition, mettre sur le marché de nouvelles qualités de plâtre, enfin trouver des méthodes de mise en oeuvre et d'utilisation qui concourront toutes au perfectionnement et au développement de ce matériau saharien par excellence qu'est le plâtre.

E. CARBONNEL.

337 F - Oct.1962 - 1,000